

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-305012

(43)Date of publication of application : 02.11.2000

(51)Int.Cl. G02B 13/24
G02B 13/18

(21)Application number : 11-112361

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 20.04.1999

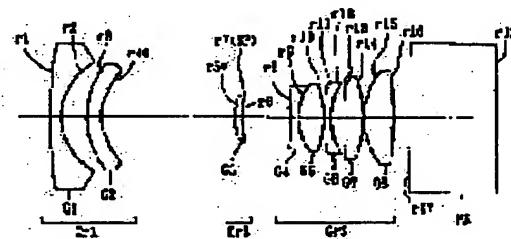
(72)Inventor : TAKAMOTO KATSUHIRO
NISHIKAWA JUN

(54) PROJECTION OPTICAL SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a projection optical system at which aberration is sufficiently corrected to project the picture of a display element in which miniaturization and an high density picture element are attained and whose cost is reduced.

SOLUTION: This system is orderly composed of a first negative group Gr1, a second positive group Gr2, a third positive group Gr3 and a prism PR from an enlarging side. The first group Gr1 has only a negative lens as a lens and also has an aspherical surface r4*. The second group Gr2 is composed of a positive lens, and has an aperture diaphragm SP at the nearly front side focal position of the third group Gr3. The third group Gr3 has at least, one positive lens consisting of a lens material whose abnormal part dispersibility and Abbe number are regulated.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.09.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-305012

(P2000-305012A)

(43) 公開日 平成12年11月2日 (2000.11.2)

(51) Int.Cl.

G 0 2 B 13/24
13/18

識別記号

F I

G 0 2 B 13/24
13/18

テマコト(参考)

2 H 0 8 7
9 A 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平11-112361

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル

(72) 発明者 高本 勝裕

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 西川 龍

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内

(74) 代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫

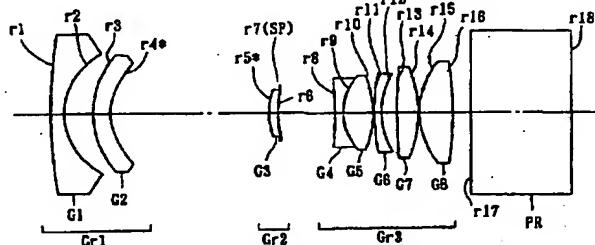
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投影光学系

(57) 【要約】

【課題】 小型化・高画素化の進んだ表示素子の画像を投影できるように収差が十分補正された低コストの投影光学系を提供する。

【解決手段】 拡大側から順に、負の第1群(Gr1)、正の第2群(Gr2)、正の第3群(Gr3)、プリズム(PR)から成る。第1群(Gr1)が負レンズのみをレンズとして有するとともに非球面(r4*)を有する。第2群(Gr2)が正レンズから成り、第3群(Gr3)のほぼ前側焦点位置に開口絞り(SP)を有する。異常部分分散性、アッペ数が規定されたレンズ材料から成る正レンズを、第3群(Gr3)が少なくとも1枚有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 拡大側から順に、負のパワーを有する第1群と、正のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群とを備え、前記第1群が負レンズのみをレンズとして有するとともに非球面を少なくとも1面有し、前記第2群が正レンズを少なくとも1枚有するとともに前記第3群のほぼ前側焦点位置に開口絞りを有し、前記第3群が以下の条件式を満足するレンズ材料から成る正レンズを少なくとも1枚有することを特徴とする投影光学系；

$$0.015 < \Theta - (0.644 - 0.00168 \cdot v d) < 0.06$$

$$65 < v d < 100$$

ただし、

$$\Theta = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

$$v d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

n_g : g線(波長:435.84nm)に対する屈折率、
 n_F : F線(波長:486.13nm)に対する屈折率、
 n_d : d線(波長:587.56nm)に対する屈折率、
 n_C : C線(波長:656.28nm)に対する屈折率、
 である。

【請求項2】 さらに以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1記載の投影光学系；

$$2.5 < f_2/f_0 < 5$$

$$2.5 < f_{12}/f_0 < 13$$

ただし、

f_0 : 投影光学系の全系の焦点距離、

f_2 : 第2群の焦点距離、

f_{12} : 第1群と第2群の合成焦点距離、

である。

【請求項3】 前記第2群が、非球面を少なくとも1面有する正レンズ1枚のみをレンズとして有することを特徴とする請求項1又は請求項2記載の投影光学系。

【請求項4】 前記第2群が、拡大側から順に負レンズと正レンズの2枚のみをレンズとして有することを特徴とする請求項1又は請求項2記載の投影光学系。

【請求項5】 拡大側から順に、負のパワーを有する第1群と、正のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群とを備え、前記第1群が負レンズのみをレンズとして有するとともに非球面を少なくとも1面有し、前記第2群が正レンズを少なくとも1枚有するとともに前記第3群のほぼ前側焦点位置に開口絞りを有し、以下の条件式を満足することを特徴とする投影光学系；

$$2.5 < f_2/f_0 < 5$$

$$2.5 < f_{12}/f_0 < 13$$

ただし、

f_0 : 投影光学系の全系の焦点距離、

f_2 : 第2群の焦点距離、

f_{12} : 第1群と第2群の合成焦点距離、

である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は投影光学系に関するものであり、例えば、液晶素子やデジタル・マイクロミラー・デバイス(以下「DMD」と称する。)等の表示素子の画像をスクリーンに投影する投影光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、パソコン用コンピュータの普及に伴い、ビジネス分野等でのプレゼンテーション機器として、液晶素子やDMD等の表示素子の画像をスクリーンに投影するプロジェクターが広く利用されるようになってきている。また、家庭用(ホームシアター用やデジタルテレビ用等)の投影機器としても、プロジェクターの需要が見込まれている。それらの要求に対して、10万～30万画素程度の単板式や3板式の液晶プロジェクターやDMDプロジェクターが提供されてきた。

【0003】このようなプロジェクターに用いられる投影光学系が、特開平9-26542号公報、特開平9-96759号公報、特開平10-142503号公報、

20 特開平10-170824号公報で提案されている。これらは半画角が40°程度の投影光学系であり、従来の表示素子の画像を投影するには適当な性能を有している。しかし、収差(特に倍率色収差)が十分に抑えられていないため、より高画素の表示素子を投影することは困難である。より高性能な投影光学系としては、特開平7-270680号公報で提案されているレトロフォーカス型レンズが知られている。この投影光学系は、後方レンズ群中の正レンズに異常分散ガラスを使用することで、倍率色収差を抑える構成になっている。しかし、半画角が20～28°程度、Fナンバーが4.5である等、充分な光学仕様が達成されているとはいえない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】現在では、従来より高画質なプロジェクターが要求されるようになってきている。例えば、プレゼンテーション用としては、800×600ドット(SVGA)の解像力から1024×768ドット(XGA)以上の解像力が必要とされるようになってきている。また、家庭用においても、ハイビジョン等の高品位テレビ放送の普及に伴い、従来の水平解像度400TV40本以上の解像力が必要になってきている。このような高画質化の要求を満たすために、液晶素子やDMD等の表示素子の高画素化が急速に進んでいる。それに加えて、プロジェクター自体を小型化するために、液晶素子やDMD等の表示素子の小型化も進んでいる。

【0005】小型化・高画素化の進んだ表示素子の画像を投影するためには、従来よりも高性能な投影光学系が必要となる。ところが、先に述べたように、従来の投影光学系の構成では、必要とされる光学性能(特に倍率色収差)を充分に満足することが不可能であった。また、

50 特に家庭用においては十分な低コスト化を達成する必要

3

があるが、従来の投影光学系の構成では高性能化とともにコストの増大が避けられなかつた。

【0006】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであつて、小型化・高画素化の進んだ表示素子の画像を投影することができるよう、収差が十分補正された低コストの投影光学系を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、第1の発明の投影光学系は、拡大側から順に、負のパワーを有する第1群と、正のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群とを備え、前記第1群が負レンズのみをレンズとして有するとともに非球面を少なくとも1面有し、前記第2群が正レンズを少なくとも1枚有するとともに前記第3群のほぼ前側焦点位置に開口絞りを有し、前記第3群が以下の条件式を満足するレンズ材料から成る正レンズを少なくとも1枚有することを特徴とする。

$$0.015 < \Theta - (0.644 - 0.00168 \cdot v d) < 0.06$$

$$65 < v d < 100$$

ただし、

$$\Theta = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

$$v d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

n_g : g線(波長:435.84nm)に対する屈折率、

n_F : F線(波長:486.13nm)に対する屈折率、

n_d : d線(波長:587.56nm)に対する屈折率、

n_C : C線(波長:656.28nm)に対する屈折率、

である。

【0008】第2の発明の投影光学系は、上記第1の発明の構成において、さらに以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$2.5 < f_2 / f_0 < 5$$

$$2.5 < f_{12} / f_0 < 13$$

ただし、

f_0 : 投影光学系の全系の焦点距離、

f_2 : 第2群の焦点距離、

f_{12} : 第1群と第2群の合成焦点距離、

である。

【0009】第3の発明の投影光学系は、上記第1又は第2の発明の構成において、前記第2群が、非球面を少なくとも1面有する正レンズ1枚のみをレンズとして有することを特徴とする。

【0010】第4の発明の投影光学系は、上記第1又は第2の発明の構成において、前記第2群が、拡大側から順に負レンズと正レンズの2枚のみをレンズとして有することを特徴とする。

【0011】第5の発明の投影光学系は、拡大側から順に、負のパワーを有する第1群と、正のパワーを有する第2群と、正のパワーを有する第3群とを備え、前記第1群が負レンズのみをレンズとして有するとともに非球面を少なくとも1面有し、前記第2群が正レンズを少な

くとも1枚有するとともに前記第3群のほぼ前側焦点位置に開口絞りを有し、以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$2.5 < f_2 / f_0 < 5$$

$$2.5 < f_{12} / f_0 < 13$$

ただし、

f_0 : 投影光学系の全系の焦点距離、

f_2 : 第2群の焦点距離、

f_{12} : 第1群と第2群の合成焦点距離、

である。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施した投影光学系を、図面を参照しつつ説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、背面投射型の投影装置(例えばリアタイプ液晶プロジェクター)に好適な単焦点の投影光学系であるが、撮像装置(例えばビデオカメラ)用の撮像光学系としても好適に使用可能であることは言うまでもない。

【0013】図1～図10は、第1～第10の実施の形態にそれぞれ対応するレンズ構成図である。各レンズ構成図中、 r_i ($i=1, 2, 3, \dots$)が付された面は拡大側(すなわち、スクリーンが配置される投影側)から数えて*i*番目の面であり、 r_i に*印が付された面は非球面である。いず

れの実施の形態も、拡大側から順に、負のパワーを有する第1群(Gr1)と、正のパワーを有する第2群(Gr2)と、正のパワーを有する第3群(Gr3)と、を備えた単焦点の投影光学系である。そして、第1群(Gr1)が負レンズのみをレンズとして有するとともに非球面を少なくとも1面有しており、第2群(Gr2)が正レンズを少なくとも1枚有するとともに第3群(Gr3)のほぼ前側焦点位置に開口絞り(SP)を有している。また、第3群(Gr3)の縮小側(すなわち表示素子側)には、プリズム(PR)が配置されている。このプリズム(PR)は、例えば、DMDを用いた単板式投影装置におけるTIR(Total Internal Reflection)プリズムに相当し、液晶素子を用いた3板式投影装置におけるクロスダイクロプリズムに相当する。

【0014】第1～第10の実施の形態における第1群(Gr1)は、縮小側に凹の2枚の負メニスカスレンズ(G1, G2)から成っており、縮小側の負メニスカスレンズ(G2)の

縮小側面(r_4)は非球面で構成されている。第1～第3の実施の形態における第2群(Gr2)は、拡大側から順に、拡大側に非球面(r_5)を有する1枚の正レンズ(G3)と、開口絞り(SP)と、から成っている。第4、第10の実施の形態における第2群(Gr2)は、拡大側から順に、負レンズ(G3)と、正レンズ(G4)と、開口絞り(SP)と、から成っている。また、第5～第9の実施の形態における第2群(Gr2)は、拡大側から順に、負レンズ(G3)と、開口絞り(SP)と、正レンズ(G4)と、から成っている。なお、第5の実施の形態において、正レンズ(G4)の拡大側面(r_8)は非球面で構成されている。

5

【0015】第1～第10の実施の形態における第3群(Gr3)は、拡大側から順に以下のように構成されている。第1の実施の形態における第3群(Gr3)は、両凹の負レンズ(G4)及び両凸の正レンズ(G5)から成る接合レンズと、縮小側に凹の負メニスカスレンズ(G6)と、2枚の両凸の正レンズ(G7, G8)と、で構成されている。第2の実施の形態における第3群(Gr3)は、両凹の負レンズ(G4)及び両凸の正レンズ(G5)から成る接合レンズと、両凹の負レンズ(G6)と、両凸の正レンズ(G7)と、縮小側に凹の負メニスカスレンズ(G8)と、2枚の両凸の正レンズ(G9, G10)と、で構成されている。第3の実施の形態における第3群(Gr3)は、両凹の負レンズ(G4)と、両凸の正レンズ(G5)と、両凹の負レンズ(G6)と、両凸の正レンズ(G7)と、縮小側に凹の負メニスカスレンズ(G8)と、2枚の両凸の正レンズ(G9, G10)と、で構成されている。

【0016】第4、第5の実施の形態における第3群(Gr3)は、両凹の負レンズ(G5)及び両凸の正レンズ(G6)から成る接合レンズと、縮小側に凹の負メニスカスレンズ(G7)と、2枚の両凸の正レンズ(G8, G9)と、で構成されている。第6、第9の実施の形態における第3群(Gr3)は、縮小側に凹の負メニスカスレンズ(G5)及び両凸の正レンズ(G6)から成る接合レンズと、両凹の負レンズ(G7)と、両凸の正レンズ(G8)と、縮小側に凹の負メニスカスレンズ(G9)と、2枚の両凸の正レンズ(G10, G11)と、で構成されている。第7、第8の実施の形態における第3群(Gr3)は、縮小側に凹の負メニスカスレンズ(G5)と、両凸の正レンズ(G6)と、両凹の負レンズ(G7)と、両凸の正レンズ(G8)と、縮小側に凹の負メニスカスレンズ(G9)と、2枚の両凸の正レンズ(G10, G11)と、で構成されている。第10の実施の形態における第3群(Gr3)は、縮小側に凸の正メニスカスレンズ(G5)と、両凹の負レンズ(G6)と、両凸の正レンズ(G7)と、両凹の負レンズ(G8)と、2枚の両凸の正レンズ(G9, G10)と、で構成されている。

【0017】上記各実施の形態のように、拡大側から順に負・正・正の3群を備えた投影光学系においては、第1群(Gr1)が負レンズのみをレンズとして有するとともに非球面を少なくとも1面有し、第2群(Gr2)が正レンズを少なくとも1枚有するとともに第3群(Gr3)のほぼ前側焦点位置に開口絞り(SP)を有し、さらに第3群(Gr3)が以下の条件式(1)及び(2)を満足するレンズ材料から成る正レンズを少なくとも1枚有することが望ましい。

$$0.015 < \Theta - (0.644 - 0.00168 \cdot v_d) < 0.06 \quad \dots (1)$$

$$65 < v_d < 100 \quad \dots (2)$$

ただし、

$$\Theta = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

$$v_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

n_g : g線(波長: 435.84nm)に対する屈折率、

n_F : F線(波長: 486.13nm)に対する屈折率、

n_d : d線(波長: 587.56nm)に対する屈折率、

6

n_C : C線(波長: 656.28nm)に対する屈折率、である。

【0018】条件式(1)は、使用するレンズ材料のg線とF線に対する異常部分分散性を、ノーマルガラスを結んで得られる標準線からの偏差(つまり部分分散の規準線からの偏差)として定量的に規定している。具体的には、条件式(1)の日がg線とF線の使用レンズ材料の部分分散比を表しており、条件式(1)の括弧内が同じ v_d (アッペ数)のノーマルガラス(規準ガラス)の場合の計算によって得られる部分分散比を表している。つまり、条件式(1)を満足するレンズ材料とは、一般的に異常分散ガラスと呼ばれるものであり、標準線(規準線)からの偏差が0.015より大きい場合は、ノーマルガラスに比べて相対的にg線の屈折率が大きいことを表している。

【0019】図21に、負・正・正の投影光学系のレンズ配置を模式的に示す。図21中、破線が軸外の主光線を表している。従来の投影光学系において、g線とC線の倍率色収差を表示素子面(D)上で同一位置になるように補正した場合、その位置はd線に対して光軸(AX)の外側に大きくずれることになる。表示素子面(D)上の太矢印(AR2)は、そのg線の倍率色収差を方向と共に表している。

【0020】上記g線の倍率色収差は、以下のような原理によって補正される。各実施の形態のように、開口絞り(SP)より表示素子側に位置する、正のパワーを有する第3群(Gr3)の正レンズに異常分散ガラスを用いた場合、第3群(Gr3)において図21中の小矢印(AR1)で示した方向にg線を曲げる効果が強くなる。この効果は、異常分散ガラスのg線の屈折率がノーマルガラスに対して相対的に高いことによって発生する。このため、条件式(1)を満たすことによりg線とC線の倍率色収差を補正した場合には、光軸(AX)の外側にずれるg線の倍率色収差を、従来の投影光学系よりもはるかに小さくすることが可能となる。

【0021】したがって、条件式(1)の下限を超えた場合、第3群(Gr3)に使用するレンズ材料の異常分散性が小さくなり、倍率色収差を充分に小さくすることが不可能になる。反対に、条件式(1)の上限を超えた場合、異常分散性は充分であるが、そのようなレンズ材料は一般には存在せず、仮にあったとしても大幅なコストアップは避けられなくなる。また、条件式(2)の下限を超えた場合、第3群(Gr3)内の色消しが不十分になり、軸上色収差が大きくなってしまう。反対に、条件式(2)の上限を超えた場合、第3群(Gr3)の色消しは充分であるが、そのようなレンズ材料は一般には存在しない。

【0022】第1群(Gr1)中の負レンズ(G2)に設けられている非球面(r4)は、光軸(AX)から離れるに従って面のパワーがゆるくなるような面形状に構成されている。その非球面により、少ないレンズ枚数で歪曲収差等を良好に補正することができる。特にリアプロジェクションに

適した広角寄りのレンズ構成においては、その効果は顕著である。また、第1群(Gr1)に非球面を用いれば、リアプロジェクションにおいて目立ち易い形状の歪曲を、自由にコントロールして容易に補正できるというメリットもある。

【0023】また先に述べたように、第2群(Gr2)中の開口絞り(SP)は、第3群(Gr3)のほぼ前側焦点位置に配置されている。この配置により、縮小側[すなわち表示素子面(D)側]のテレセントリック性を良好に保ちつつ、第2群(Gr2)のレンズ径を小さくすることができる。縮小側にテレセントリックな構成にすると、表示素子面(D)側に配置されているプリズム(PR)を通過する光線が、表示素子面(D)上での高さによらず常に一定角度でダイクロイック面等に入射することになる。これにより、スクリーン面上において投影像に色ムラが生じるのを防止することができる。

【0024】前記各実施の形態のように、拡大側から順に負・正・正の3群を備え、第1群(Gr1)が負レンズのみをレンズとして有するとともに非球面を少なくとも1面有し、第2群(Gr2)が正レンズを少なくとも1枚有するとともに第3群(Gr3)のほぼ前側焦点位置に開口絞り(SP)を有する投影光学系においては、さらに以下の条件式(3)、(4)の少なくとも一方を満足することが望ましく、その両方を満足することが特に望ましい。

$$2.5 < f_2/f_0 < 5 \quad \dots (3)$$

$$2.5 < f_{12}/f_0 < 13 \quad \dots (4)$$

ただし、

f_0 ：投影光学系の全系の焦点距離、

f_2 ：第2群(Gr2)の焦点距離、

f_{12} ：第1群(Gr1)と第2群(Gr2)の合成焦点距離、

である。

【0025】条件式(3)は、開口絞り(SP)を含んだ第2群(Gr2)の焦点距離の適正な範囲を示している。具体的には、第2群(Gr2)の焦点距離が、全系の焦点距離の2.5倍から5倍の範囲に含まれるように構成されていることを示している。条件式(3)の下限を超えた場合、第2群(Gr2)の焦点距離が適正範囲より小さくなり、第2群(Gr2)で発生する収差(特に球面収差)が大きくなる。つまり、条件式(3)の下限を超えると、少ないレンズ枚数で構成された第2群(Gr2)では、Fナンバーを明るくすることができなくなる。言い換えると、必要とされるFナンバーを達成するには、第2群(Gr2)のレンズ枚数が多くなり、コストアップが避けられなくなる。逆に、条件式(3)の上限を超えた場合、第2群(Gr2)の焦点距離が適正範囲より大きくなり、そのままでは投影光学系の全長・バックフォーカスが長くなる。この場合、投影光学系のコンパクト化が達成されず、コストアップも避けられない。また条件式(3)の上限を超えた状態では、ペッツバール和がプラスに変移することで、像面湾曲の補正が非常に困難となる。

【0026】条件式(4)は、第1群(Gr1)と第2群(Gr2)の合成焦点距離の適正な範囲を示している。具体的には、第1群(Gr1)と第2群(Gr2)の合成焦点距離が、全系の焦点距離の2.5倍から1.3倍の範囲に含まれるように構成されていることを示している。条件式(4)の下限を超えた場合、第1群(Gr1)と第2群(Gr2)の合成焦点距離が適正範囲より小さくなり、第1群(Gr1)・第2群(Gr2)で発生する収差(この場合は特に歪曲や非点隔差)が大きくなる。逆に、条件式(4)の上限を超えた場合、第1群(Gr1)と第2群(Gr2)の合成焦点距離が適正範囲より大きくなり、投影光学系のコンパクト化が達成されなくなる。特に第1群(Gr1)のレンズ径が大きくなるとともにバックフォーカスが長くなり、またそれに伴い、第3群(Gr3)に使用する異常分散ガラスから成るレンズの径が大きくなるため、コストアップが避けられなくなる。

【0027】第1～第3の実施の形態のように、第2群(Gr2)が、非球面を少なくとも1面有する正レンズ(G3)1枚のみをレンズとして有することが望ましい。第2群(Gr2)の正レンズ(G3)に設けられている非球面(r5)は、光軸(AX)から離れるに従って面のパワーがゆるくなるような面形状に構成されている。その非球面により、レンズ枚数が1枚でも球面収差を良好に補正することができる。また、第2群(Gr2)を1枚の正レンズ(G3)で構成することにより、低コスト化を達成することができる。

【0028】第4～第10の実施の形態のように、第2群(Gr2)が、拡大側から順に負レンズ(G3)と正レンズ(G4)の2枚のみをレンズとして有することが望ましい。第2群(Gr2)を負・正の2枚のレンズで構成することにより、球面収差を良好に補正できるだけでなく、各波長での球面収差の差も良好に補正することが可能となる。

【0029】なお、前述した各実施の形態を構成している各群は、入射光線を屈折により偏向させる屈折型レンズ(つまり、異なる屈折率を有する媒質同士の界面で偏向が行われるタイプのレンズ)のみで構成されているが、これに限らない。例えば、回折により入射光線を偏向させる回折型レンズ、回折作用と屈折作用との組み合わせで入射光線を偏向させる屈折・回折ハイブリッド型レンズ、入射光線を媒質内の屈折率分布により偏向させる屈折率分布型レンズ等で、各群を構成してもよい。

【0030】

【実施例】以下、本発明を実施した投影光学系の構成を、コンストラクションデータ、収差図等を挙げて、更に具体的に説明する。なお、以下に挙げる実施例1～10は、前述した第1～第10の実施の形態にそれぞれ対応しており、第1～第10の実施の形態を表すレンズ構成図(図1～図10)は、対応する実施例1～10のレンズ構成をそれぞれ示している。

【0031】各実施例のコンストラクションデータにおいて、 r_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は拡大側(投影側)から数えて*i*番目の面の曲率半径、 d_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は拡大側から数え

てi番目の軸上面間隔を示しており、 N_i ($i=1, 2, 3, \dots$)。
 ν_i ($i=1, 2, 3, \dots$)は拡大側から数えてi番目の光学要素のd線に対する屈折率(νd)、アッベ数(νd)を示している。全系の焦点距離 f_0 、第2群(Gr2)の焦点距離 f_2 、第1群(Gr1)と第2群(Gr2)の合成焦点距離 f_{12} 及びFナンバー FNO を併せて示す。

【0032】曲率半径 r_i に*印が付された面は、非球面で構成された面であることを示し、非球面の面形状を表わす以下の式(AS)で定義されるものとする。各非球面の非球面データを他のデータと併せて示し、条件式対応値等を表1に示す。

$$X(H) = (C \cdot H^2) / \{1 + \sqrt{1 - (1 - \epsilon \cdot C^2 \cdot H^2)}\} + (A_4 \cdot H^4 + A_6 \cdot H^6 + A_8 \cdot H^8) \quad \dots (AS)$$

ただし、式(AS)中、

$X(H)$ ：高さ H の位置での光軸方向の変位量(面頂点基準)、

H ：光軸に対して垂直な方向の高さ、

C ：近軸曲率、

ϵ ：2次曲面パラメータ、

A_i ：i次の非球面係数、

《実施例1》

$f_0=14.0, f_2=46.849, f_{12}=48.929, FNO=3.0$

[曲率半径][軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

(第1群(Gr1))

$r_1= 179.586$

$d_1= 3.500 \quad N_1= 1.48749 \quad \nu_1= 70.44 \dots G1$

$r_2= 22.101$

$d_2= 8.000$

$r_3= 31.041$

$d_3= 4.500 \quad N_2= 1.49140 \quad \nu_2= 57.82 \dots G2$

$r_4*= 17.683$

$d_4= 41.700$

(第2群(Gr2))

$r_5*= 25.501$

$d_5= 2.500 \quad N_3= 1.80518 \quad \nu_3= 25.46 \dots G3$

$r_6= 75.273$

$d_6= 0.500$

$r_7= \infty (SP)$

$d_7= 15.000$

(第3群(Gr3))

$r_8= -114.056$

$d_8= 2.200 \quad N_4= 1.75520 \quad \nu_4= 27.53 \dots G4$

$r_9= 19.230$

$d_9= 8.000 \quad N_5= 1.61800 \quad \nu_5= 63.39 \dots G5$

$r_{10}= -34.146$

$d_{10}= 0.300$

$r_{11}= 76.958$

$d_{11}= 2.000 \quad N_6= 1.65412 \quad \nu_6= 39.62 \dots G6$

$r_{12}= 26.263$

$d_{12}= 4.300$

である。

【0033】図11～図20は実施例1～実施例10 [プリズム(PR)を含めた光学系]にそれぞれ対応する収差図であり、縮小側での無限遠物体に対する諸収差(左から順に、球面収差等、非点収差、歪曲収差である。Y'：最大像高)を示している。球面収差図中、実線(d)はd線に対する球面収差、一点鎖線(g)はg線に対する球面収差、二点鎖線(c)はc線に対する球面収差、破線(S C)は正弦条件を表している。非点収差図中、破線(D M)はメリディオナル面でのd線に対する非点収差を表しており、実線(D S)はサジタル面でのd線に対する非点収差を表わしている。また、歪曲収差図中の実線はd線に対する歪曲収差を表している。なお、各実施例を投影光学系として投影装置(例えば液晶プロジェクター)に用いる場合には、本来はスクリーン面が像面であり表示素子面(D、例えば液晶パネル面)が物体面であるが、上記各実施例では光学設計上それぞれ縮小系(例えば撮像光学系)とし、スクリーン面を物体面とみなして表示素子面(D)で光学性能を評価している。

20 【0034】

r13= 189.654
 d13= 5.700 N7= 1.49700 v 7= 81.61 ⋯G7
 r14= -42.453
 d14= 0.300
 r15= 28.027
 d15= 9.000 N8= 1.49700 v 8= 81.61 ⋯G8
 r16=-119.185
 d16= 5.000
 〈プリズム(PR)〉
 r17= ∞
 d17=27.000 N9= 1.51680 v 9= 64.20
 r18= ∞

[0.035]

[第4面(r4)の非球面データ]
 $\epsilon = 0.0$
 $A4 = -0.86804 \times 10^{-5}$
 $A6 = -0.32983 \times 10^{-7}$
 $A8 = 0.12539 \times 10^{-10}$

[0036]

[第5面(r5)の非球面データ]

[0037]

《実施例 2》
 f0=16.7, f2=53.217, f12=55.696, FN0=3.0
 [曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]
 〈第 1 群(Gr1)〉
 r1= 192.628
 d1= 3.100 N1= 1.51680 ν 1= 64.20 ⋯ G1
 r2= 25.931
 d2= 8.300
 r3= 39.152
 d3= 4.400 N2= 1.49300 ν 2= 58.34 ⋯ G2
 r4*= 19.182
 d4= 47.000
 〈第 2 群(Gr2)〉
 r5*= 53.352
 d5= 3.000 N3= 1.80358 ν 3= 25.38 ⋯ G3
 r6= -210.082
 d6= 0.300
 r7= ∞ (SP)
 d7= 15.700
 〈第 3 群(Gr3)〉
 r8= -294.114
 d8= 2.200 N4= 1.80518 ν 4= 25.43 ⋯ G4
 r9= 54.136
 d9= 4.500 N5= 1.61800 ν 5= 63.39 ⋯ G5
 r10= -66.161

13

14

d10= 2.500
 r11=-182.469
 d11= 2.400 N6= 1.68150 ν6= 36.64 ⋯G6
 r12= 33.904
 d12= 2.400
 r13= 37.908
 d13= 8.000 N7= 1.49310 ν7= 83.58 ⋯G7
 r14= -37.908
 d14= 0.300
 r15= 128.145
 d15= 2.800 N8= 1.68150 ν8= 36.64 ⋯G8
 r16= 32.653
 d16= 4.900
 r17= 137.824
 d17= 5.600 N9= 1.49310 ν9= 83.58 ⋯G9
 r18= -57.246
 d18= 0.300
 r19= 43.413
 d19= 7.400 N10= 1.49310 ν10= 83.58 ⋯G10
 r20= -95.205
 d20= 10.000
 (プリズム(PR))
 r21= ∞
 d21= 34.000 N11= 1.51680 ν11= 64.20
 r22= ∞

【0038】

[第4面(r4)の非球面データ]

ε = 0.0
 A4=-0.49130 × 10⁻⁵
 A6=-0.13094 × 10⁻⁷
 A8= 0.12628 × 10⁻¹²

【0039】

[第5面(r5)の非球面データ]

ε = 1.0000
 A4=-0.40869 × 10⁻⁵
 A6= 0.66663 × 10⁻⁸
 A8=-0.53678 × 10⁻¹⁰

【0040】

《実施例3》

f0=16.7, f2=57.331, f12=68.876, FN0=3.0
 [曲率半径][軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]
 (第1群 (G r 1))
 r1= 199.530
 d1= 3.100 N1= 1.51680 ν1= 64.20 ⋯G1
 r2= 26.454
 d2= 8.300
 r3= 36.771
 d3= 4.400 N2= 1.49300 ν2= 58.34 ⋯G2
 r4*= 19.034
 d4= 47.000

15

<第2群(Gr2)>

r5*= 63.951

d5= 3.000 N3= 1.80358 v3= 25.38 ...G3

r6= -161.322

d6= 0.200

r7= ∞(SP)

d7= 16.300

<第3群(Gr3)>

r8= -802.787

d8= 2.200 N4= 1.68150 v4= 36.64 ...G4

r9= 36.592

d9= 2.400

r10= 41.287

d10= 6.300 N5= 1.49310 v5= 83.58 ...G5

r11= -35.859

d11= 0.300

r12=-261.502

d12= 2.400 N6= 1.68150 v6= 36.64 ...G6

r13= 38.369

d13= 2.400

r 1 4 = 4 1 . 3 2 7

d 1 4 = 7. 2 0 0 N 7 = 1. 4 9 3 1 0

v7= 83.58 ...G7

r15= -41.327

d15= 0.300

r16= 242.124

d16= 2.800 N8= 1.68150 v8= 36.64 ...G8

r17= 32.204

d17= 4.900

r18= 84.571

d18= 5.500 N9= 1.49310 v9= 83.58 ...G9

r19= -75.196

d19= 0.300

r20= 40.282

d20= 7.000 N10=1.49310 v10=83.58 ...G10

r21=-156.717

d21=11.300

<プリズム(PR)>

r22= ∞

d22=32.000 N11=1.51680 v11=64.20

r23= ∞

[0041]

[第4面(r4)の非球面データ]

r= 0.0

A4=-0.44192×10⁻⁵A6=-0.12036×10⁻⁷A8=-0.99053×10⁻¹²

[0042]

[第5面(r5)の非球面データ]

r= 1.0000

17

18

$$\begin{aligned}A4 &= -0.52910 \times 10^{-5} \\A6 &= 0.53240 \times 10^{-8} \\A8 &= -0.49495 \times 10^{-10}\end{aligned}$$

【0043】

《実施例4》

$$f_0 = 14.0, f_2 = 41.714, f_{12} = 40.452, FNO = 3.0$$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

〈第1群(Gr1)〉

$$\begin{aligned}r_1 &= 56.949 & d_1 &= 3.500 \quad N_1 = 1.48749 \quad \nu_1 = 70.44 \cdots G1 \\r_2 &= 24.421 & d_2 &= 12.200 \\r_3 &= 86.868 & d_3 &= 4.500 \quad N_2 = 1.49270 \quad \nu_2 = 57.49 \cdots G2 \\r_4 &= 20.404 & d_4 &= 36.000\end{aligned}$$

〈第2群(Gr2)〉

$$\begin{aligned}r_5 &= 21.557 & d_5 &= 3.000 \quad N_3 = 1.80741 \quad \nu_3 = 31.59 \cdots G3 \\r_6 &= 15.241 & d_6 &= 2.200 \\r_7 &= 19.987 & d_7 &= 3.500 \quad N_4 = 1.75000 \quad \nu_4 = 25.14 \cdots G4 \\r_8 &= \infty & d_8 &= 0.500 \\r_9 &= \infty (SP) & d_9 &= 10.500\end{aligned}$$

〈第3群(Gr3)〉

$$\begin{aligned}r_{10} &= -29.898 & d_{10} &= 2.200 \quad N_5 = 1.75520 \quad \nu_5 = 27.51 \cdots G5 \\r_{11} &= 22.237 & d_{11} &= 9.000 \quad N_6 = 1.61800 \quad \nu_6 = 63.39 \cdots G6 \\r_{12} &= -23.265 & d_{12} &= 0.300 \\r_{13} &= 117.095 & d_{13} &= 2.500 \quad N_7 = 1.68150 \quad \nu_7 = 36.64 \cdots G7 \\r_{14} &= 28.323 & d_{14} &= 4.300 \\r_{15} &= 102.045 & d_{15} &= 6.000 \quad N_8 = 1.49700 \quad \nu_8 = 81.61 \cdots G8 \\r_{16} &= -38.473 & d_{16} &= 0.300 \\r_{17} &= 32.282 & d_{17} &= 8.700 \quad N_9 = 1.49700 \quad \nu_9 = 81.61 \cdots G9 \\r_{18} &= -71.281 & d_{18} &= 9.000\end{aligned}$$

〈プリズム(PR)〉

$$\begin{aligned}r_{19} &= \infty & d_{19} &= 27.000 \quad N_{10} = 1.51680 \quad \nu_{10} = 64.20 \\r_{20} &= \infty\end{aligned}$$

19

20

【0044】

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\begin{aligned}\epsilon &= 0.0 \\ A4 &= -0.64940 \times 10^{-5} \\ A6 &= -0.14838 \times 10^{-7} \\ A8 &= 0.65447 \times 10^{-11}\end{aligned}$$

【0045】

《実施例5》

$f_0 = 14.0, f_2 = 45.189, f_{12} = 49.624, FNO = 3.0$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

<第1群(Gr1)>

$$\begin{aligned}r_1 &= 66.288 & d_1 &= 3.500 \quad N_1 = 1.48749 \quad \nu_1 = 70.44 \cdots G1 \\ r_2 &= 22.848 & d_2 &= 8.000 \\ r_3 &= 35.813 & d_3 &= 4.500 \quad N_2 = 1.49300 \quad \nu_2 = 58.34 \cdots G2 \\ r_4 &= 15.722 & d_4 &= 37.000\end{aligned}$$

<第2群(Gr2)>

$$\begin{aligned}r_5 &= 22.037 & d_5 &= 2.500 \quad N_3 = 1.83400 \quad \nu_3 = 37.34 \cdots G3 \\ r_6 &= 15.205 & d_6 &= 2.200 \\ r_7 &= \infty (SP) & d_7 &= 0.000 \\ r_8 &= 20.985 & d_8 &= 2.500 \quad N_4 = 1.80358 \quad \nu_4 = 25.38 \cdots G4\end{aligned}$$

$$r_9 = 630.140 \quad d_9 = 11.500$$

<第3群(Gr3)>

$$\begin{aligned}r_{10} &= -43.196 & d_{10} &= 2.200 \quad N_5 = 1.75520 \quad \nu_5 = 27.53 \cdots G5 \\ r_{11} &= 19.887 & d_{11} &= 9.000 \quad N_6 = 1.61800 \quad \nu_6 = 63.39 \cdots G6 \\ r_{12} &= -26.241 & d_{12} &= 0.300 \\ r_{13} &= 145.159 & d_{13} &= 2.000 \quad N_7 = 1.68150 \\ \nu_7 &= 36.64 \cdots G7 \\ r_{14} &= 30.380 & d_{14} &= 4.300 \\ r_{15} &= 106.267 & d_{15} &= 6.400 \quad N_8 = 1.49310 \quad \nu_8 = 83.58 \cdots G8 \\ r_{16} &= -40.270 & d_{16} &= 0.300 \\ r_{17} &= 32.827 & d_{17} &= 9.500 \quad N_9 = 1.49310 \quad \nu_9 = 83.58 \cdots G9 \\ r_{18} &= -72.527 & d_{18} &= 9.000\end{aligned}$$

21

22

〈プリズム(PR)〉

r19= ∞ d19=27.000 N10=1.51680 ν 10=64.20r20= ∞

【0046】

[第4面(r4)の非球面データ]

 $\epsilon = 0.0$ A4= 0.27414×10^{-5} A6= -0.14397×10^{-7} A8= -0.34547×10^{-10}

【0047】

[第8面(r8)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ A4= 0.16008×10^{-5} A6= 0.78596×10^{-7} A8= -0.72404×10^{-9}

【0048】

《実施例6》

f0=13.6, f2=67.525, f12=147.46, FN0=3.0

[曲率半径][軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

〈第1群(Gr1)〉

r1= 59.162

d1= 4.000 N1= 1.48749 ν 1= 70.44 ⋯G1

r2= 26.134

d2= 13.200

r3= 153.479

d3= 5.000 N2= 1.49270 ν 2= 57.49 ⋯G2

r4*= 18.419

d4= 45.000

〈第2群(Gr2)〉

r5= 35.872

d5= 3.000 N3= 1.85000 ν 3= 40.04 ⋯G3

r6= 21.190

d6= 1.500

r7= ∞ (SP)

d7= 0.700

r8= 29.378

d8= 3.500 N4= 1.75520 ν 4= 27.53 ⋯G4

r9= -178.054

d9= 16.500

〈第3群(Gr3)〉

r10= 90.864

d10= 1.900 N5= 1.75520 ν 5= 27.53 ⋯G5

r11= 31.425

d11= 6.000 N6= 1.61800 ν 6= 63.39 ⋯G6

r12= -43.387

d12= 0.300

r13= -90.100

d13= 2.000 N7= 1.68150 ν 7= 36.64 ⋯G7

r14= 29.709

23

d14= 2.100
 r15= 33.056
 d15= 7.000 N8= 1.49310 v8= 83.58 ⋯G8
 r16= -40.667
 d16= 0.300
 r17= 169.674
 d17= 2.400 N9= 1.68150 v9= 36.64 ⋯G9
 r18= 30.391
 d18= 4.100
 r19= 111.899
 d19= 5.000 N10= 1.49310 v10= 83.58 ⋯G10
 r20= -49.645
 d20= 0.300
 r21= 40.010
 d21= 5.000 N11= 1.49310 v11= 83.58 ⋯G11
 r22=-189.313
 d22=10.000
 〈プリズム(PR)〉
 r23= ∞
 d23=30.000 N12= 1.51680 v12= 64.20
 r24= ∞

24

【0049】

[第4面(r4)の非球面データ]

ε = 0.0
 A4=-0.42119×10⁻⁵
 A6=-0.93369×10⁻⁸
 A8= 0.56418×10⁻¹²

【0050】

《実施例7》

f0=13.6, f2=66.832, f12=161.672, FN0=3.0
 [曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]
 〈第1群(Gr1)〉
 r1= 59.146
 d1= 4.000 N1= 1.48749 v1= 70.44 ⋯G1
 r2= 26.131
 d2= 13.200
 r3= 234.521
 d3= 5.000 N2= 1.49270 v2= 57.49 ⋯G2
 r4*= 18.311
 d4= 45.000
 〈第2群(Gr2)〉
 r5= 28.986
 d5= 3.000 N3= 1.85000 v3= 40.04 ⋯G3
 r6= 20.434
 d6= 1.200
 r7= ∞(SP)
 d7= 1.000
 r8= 34.655
 d8= 3.500 N4= 1.75520 v4= 27.53 ⋯G4
 r9= -179.597

25

d9= 15.000
 <第3群(Gr3)>
 r10= 55.466
 d10= 1.900 N5= 1.68150 v5= 36.64 …G5
 r11= 31.369
 d11= 2.000
 r12= 34.655
 d12= 6.000 N6= 1.49310 v6= 83.58 …G6
 r13= -34.368
 d13= 0.300
 r14= -92.901
 d14= 2.000 N7= 1.68150 v7= 36.64 …G7
 r15= 30.965
 d15= 2.100
 r16= 31.751
 d16= 7.000 N8= 1.49310 v8= 83.58 …G8
 r17= -39.828
 d17= 0.300
 r18= 756.842
 d18= 2.400 N9= 1.68150 v9= 36.64 …G9
 r19= 27.062
 d19= 4.100
 r20= 76.470
 d20= 5.000 N10= 1.49310 v10= 83.58 …G10
 r21= -49.975
 d21= 0.300
 r22= 37.566
 d22= 5.000 N11= 1.49310 v11= 83.58 …G11
 r23=-235.184
 d23= 8.000
 <プリズム(PR)>
 r24= ∞
 d24= 33.000 N12= 1.51680 v12= 64.20
 r25= ∞

【0051】

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\begin{aligned}\epsilon &= 0.0 \\ A4 &= -0.55889 \times 10^{-5} \\ A6 &= -0.97883 \times 10^{-8} \\ A8 &= 0.36472 \times 10^{-11}\end{aligned}$$

【0052】

《実施例8》

$$f0=13.6, f2=53.392, f12=56.077, FNO=2.7$$

[曲率半径][軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

<第1群(Gr1)>

r1= 60.143
 d1= 4.000 N1= 1.48749 v1= 70.44 …G1
 r2= 26.338
 d2= 13.200
 r3= 71.695

26

27

28

d3= 5.000 N2= 1.49270 ν 2= 57.49 ...G2
 r4*= 14.814
 d4= 45.000
 <第2群(Gr2)>
 r5= 36.830
 d5= 3.000 N3= 1.85000 ν 3= 40.04 ...G3
 r6= 22.912
 d6= 1.500
 r7= ∞ (SP)
 d7= 0.700
 r8= 30.072
 d8= 3.500 N4= 1.75520 ν 4= 27.53 ...G4
 r9= -112.407
 d9= 10.000
 <第3群(Gr3)>
 r10= 51.037
 d10= 1.900 N5= 1.74000 ν 5= 31.72 ...G5
 r11= 31.558
 d11= 2.000
 r12= 34.655
 d12= 6.500 N6= 1.49310 ν 6= 83.58 ...G6
 r13= -33.461
 d13= 1.300
 r14= -32.595
 d14= 2.000 N7= 1.74000 ν 7= 31.72 ...G7
 r15= 36.697
 d15= 2.100
 r16= 40.227
 d16= 7.500 N8= 1.49310 ν 8= 83.58 ...G8
 r17= -30.745
 d17= 0.300
 r18= 102.973
 d18= 2.400 N9= 1.68150 ν 9= 36.64 ...G9
 r19= 30.277
 d19= 4.100
 r20= 155.890
 d20= 5.500 N10= 1.49310 ν 10= 83.58 ...G10
 r21= -45.887
 d21= 0.300
 r22= 38.020
 d22= 6.500 N11= 1.49310 ν 11= 83.58 ...G11
 r23= -147.657
 d23= 8.000
 <プリズム(PR)>
 r24= ∞
 d24= 33.000 N12= 1.51680 ν 12= 64.20
 r25= ∞

[0053]

[第4面(r4)の非球面データ]

 $\rho = 0.0$

29

30

$$\begin{aligned} A4 &= 0.47499 \times 10^{-5} \\ A6 &= -0.66618 \times 10^{-8} \\ A8 &= -0.17670 \times 10^{-10} \end{aligned}$$

【0054】

《実施例9》

$$f_0 = 13.6, f_2 = 59.084, f_{12} = 78.344, FNO = 3.0$$

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

〈第1群(Gr1)〉

$$\begin{aligned} r_1 &= 59.213 & d_1 &= 4.000 \quad N_1 = 1.48749 \quad v_1 = 70.44 \cdots G1 \\ r_2 &= 26.145 & d_2 &= 13.200 \\ r_3 &= 132.012 & d_3 &= 5.000 \quad N_2 = 1.49270 \quad v_2 = 57.49 \cdots G2 \\ r_4 &= 17.745 & d_4 &= 45.000 \end{aligned}$$

〈第2群(Gr2)〉

$$\begin{aligned} r_5 &= 35.137 & d_5 &= 3.000 \quad N_3 = 1.85000 \quad v_3 = 40.04 \cdots G3 \\ r_6 &= 21.523 & d_6 &= 1.200 \\ r_7 &= \infty (SP) & d_7 &= 1.000 \\ r_8 &= 28.429 & d_8 &= 3.500 \quad N_4 = 1.75520 \quad v_4 = 27.53 \cdots G4 \\ r_9 &= -167.639 & d_9 &= 14.500 \end{aligned}$$

〈第3群(Gr3)〉

$$\begin{aligned} r_{10} &= 174.597 & d_{10} &= 1.900 \quad N_5 = 1.75520 \quad v_5 = 27.53 \cdots G5 \\ r_{11} &= 31.502 & d_{11} &= 6.000 \quad N_6 = 1.61800 \quad v_6 = 63.39 \cdots G6 \\ r_{12} &= -60.985 & d_{12} &= 2.300 \\ r_{13} &= -104.500 & & \\ r_{14} &= 32.501 & d_{14} &= 2.100 \\ r_{15} &= 37.860 & d_{15} &= 7.000 \quad N_8 = 1.61800 \quad v_8 = 63.39 \cdots G8 \\ r_{16} &= -44.780 & d_{16} &= 0.300 \\ r_{17} &= 115.137 & d_{17} &= 2.400 \quad N_9 = 1.74000 \quad v_9 = 31.72 \cdots G9 \\ r_{18} &= 31.889 & d_{18} &= 4.100 \\ r_{19} &= 143.235 & d_{19} &= 5.000 \quad N_{10} = 1.48749 \quad v_{10} = 70.44 \cdots G10 \\ r_{20} &= -48.763 & d_{20} &= 0.300 \end{aligned}$$

31

32

r21= 42.427
d21= 5.000 N11= 1.48749 ν11= 70.44 ⋯ G11
r22= -97.679
d22= 10.000
⟨プリズム(PR)⟩
r23= ∞
d23= 30.000 N12= 1.51680 ν12= 64.20
r24= ∞

【0055】

[第4面(r4)の非球面データ]

$$\begin{aligned} \epsilon &= 0.0 \\ A4 &= -0.33182 \times 10^{-5} \\ A6 &= -0.68448 \times 10^{-8} \\ A8 &= -0.49590 \times 10^{-11} \end{aligned}$$

【0056】

《実施例10》

f0=17.0, f2=66.620, f12=101.011, FN0=3.0
[曲率半径][軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]
⟨第1群(Gr1)⟩
r1= 52.995
d1= 4.400 N1= 1.48749 ν1= 70.44 ⋯ G1
r2= 26.161
d2= 12.000
r3= 74.584
d3= 5.600 N2= 1.49270 ν2= 57.49 ⋯ G2
r4*= 18.899
d4= 48.400

⟨第2群(G r 2)⟩

r5= 22.837
d5= 2.000 N3= 1.80518 ν3= 25.43 ⋯ G3
r6= 20.030
d6= 3.500
r7= 61.131
d7= 3.900 N4= 1.75690 ν4= 29.69 ⋯ G4
r8= -113.879
d8= 1.900
r9= ∞(SP)
d9= 21.100

⟨第3群(Gr3)⟩

r10= -269.249
d10= 4.000 N5= 1.49700 ν5= 81.61 ⋯ G5
r11= -37.244
d11= 0.300
r12= -107.207
d12= 2.400 N6= 1.68150 ν6= 36.64 ⋯ G6
r13= 36.912
d13= 2.000
r14= 34.173
d14= 7.800 N7= 1.49700 ν7= 81.61 ⋯ G7
r15= -47.562

33

34

$d_{15}=0.300$
 $r_{16}=-265.161$
 $d_{16}=2.800 \ N8=1.68150 \ v8=36.64 \cdots G8$
 $r_{17}=31.457$
 $d_{17}=3.800$
 $r_{18}=52.182$
 $d_{18}=7.000 \ N9=1.49310 \ v9=83.58 \cdots G9$
 $r_{19}=-51.292$
 $d_{19}=0.300$
 $r_{20}=35.751$
 $d_{20}=7.000 \ N10=1.49310 \ v10=83.58 \cdots G10$
 $r_{21}=-7249.529$
 $d_{21}=6.000$
 (プリズム(PR))
 $r_{22}=\infty$
 $d_{22}=32.500 \ N11=1.51680 \ v11=64.20$
 $r_{23}=\infty$

【0057】

[第4面(r_4)の非球面データ]

$\epsilon=0.0$
 $A4=0.15993 \times 10^{-5}$
 $A6=-0.75948 \times 10^{-8}$
 $A8=-0.74659 \times 10^{-11}$

【0058】

【表1】

【0059】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、十分な収差補正と低コスト化を達成することができる。そして、この投影光学系を用いれば、小型化・高画素化の進んだ表示素子の画像を高画質で投影することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態(実施例1)のレンズ構成図。

【図2】第2の実施の形態(実施例2)のレンズ構成図。

【図3】第3の実施の形態(実施例3)のレンズ構成図。

【図4】第4の実施の形態(実施例4)のレンズ構成図。

【図5】第5の実施の形態(実施例5)のレンズ構成図。

【図6】第6の実施の形態(実施例6)のレンズ構成図。

【図7】第7の実施の形態(実施例7)のレンズ構成図。

【図8】第8の実施の形態(実施例8)のレンズ構成図。

【図9】第9の実施の形態(実施例9)のレンズ構成図。

【図10】第10の実施の形態(実施例10)のレンズ構成図。

成図。

- 【図11】実施例1の収差図。
- 【図12】実施例2の収差図。
- 【図13】実施例3の収差図。
- 【図14】実施例4の収差図。
- 【図15】実施例5の収差図。
- 【図16】実施例6の収差図。
- 【図17】実施例7の収差図。
- 【図18】実施例8の収差図。
- 【図19】実施例9の収差図。

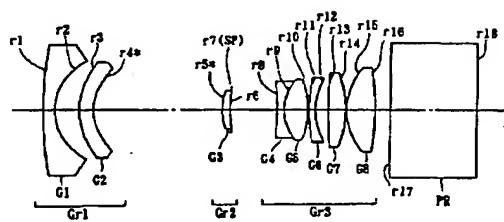
【図20】実施例10の収差図。

【図21】負・正・正の投影光学系における倍率色収差の補正原理を説明するための模式図。

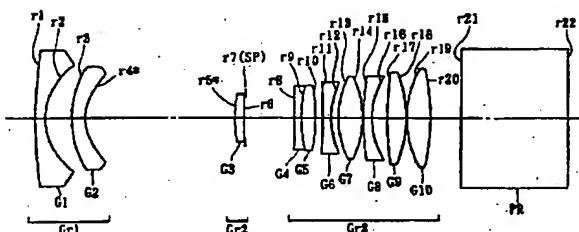
【符号の説明】

- Gr1 … 第1群
- Gr2 … 第2群
- Gr3 … 第3群
- PR … プリズム
- SP … 開口絞り
- 10 AX … 光軸

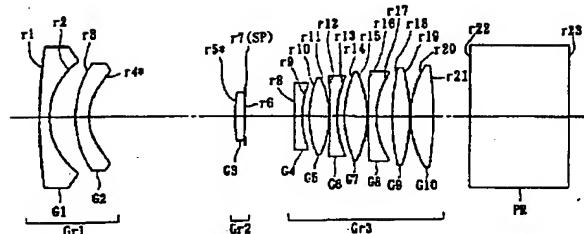
【図1】



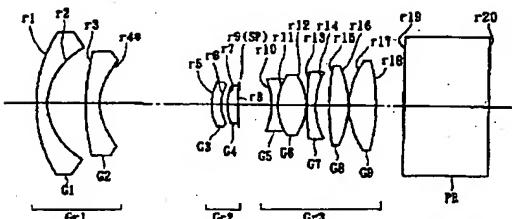
【図2】



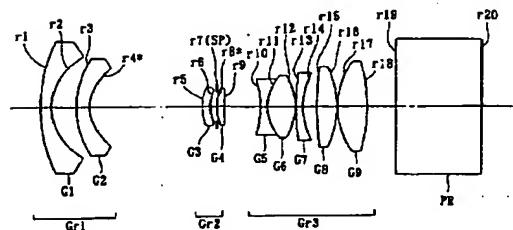
【図3】



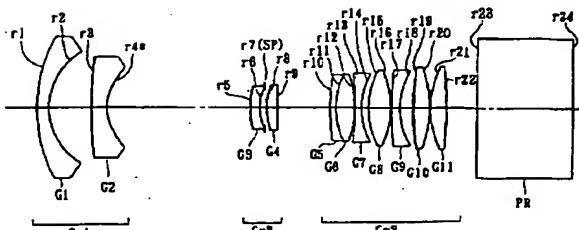
【図4】



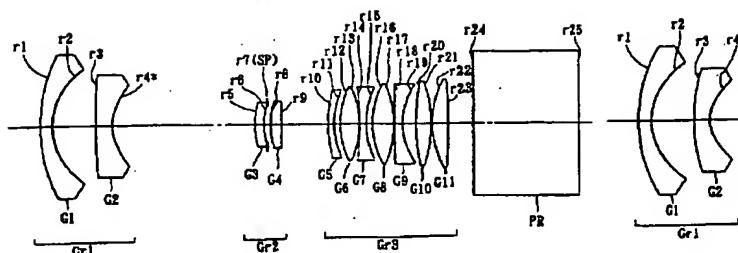
【図5】



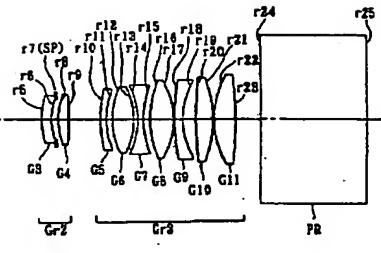
【図6】



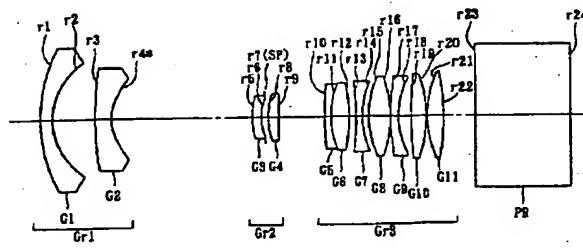
【図7】



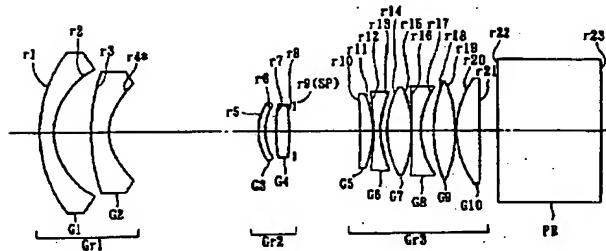
【図8】



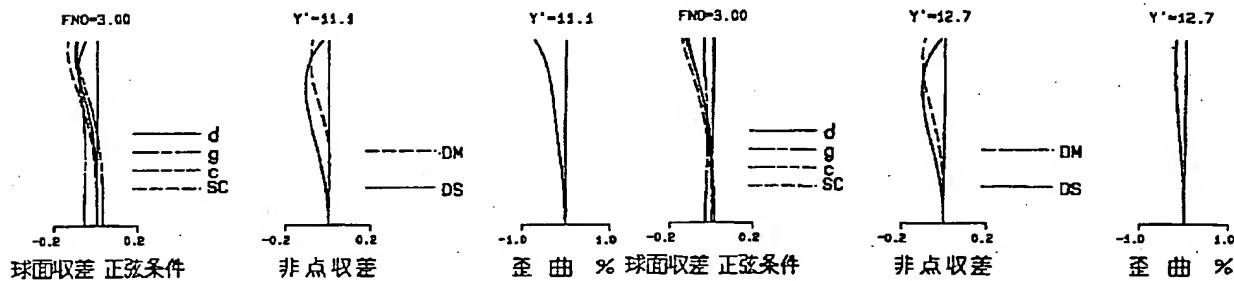
【図9】



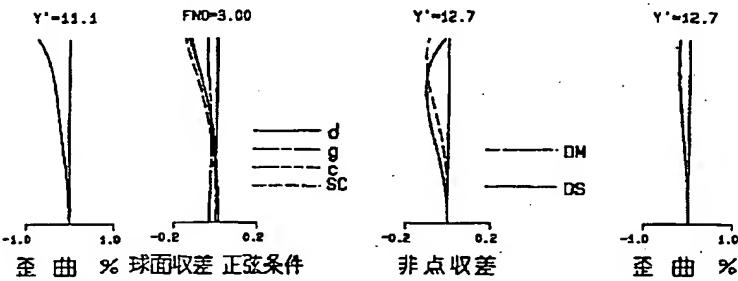
【図10】



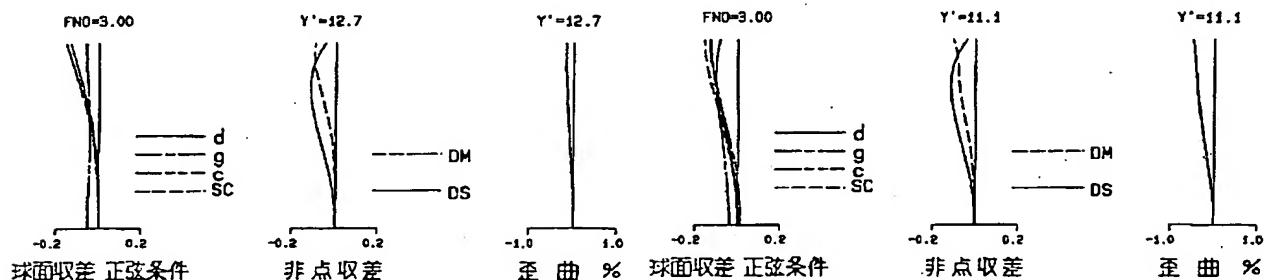
【図11】



【図12】

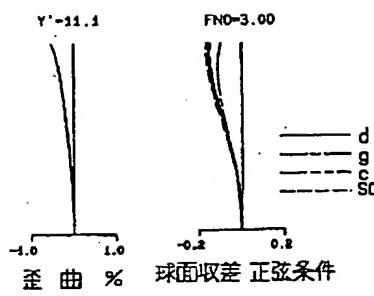
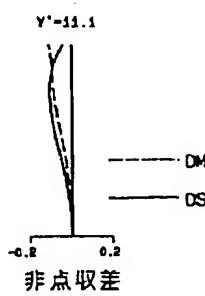
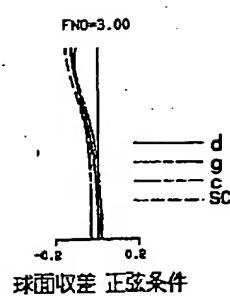


【図13】

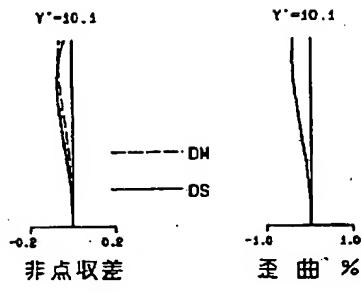
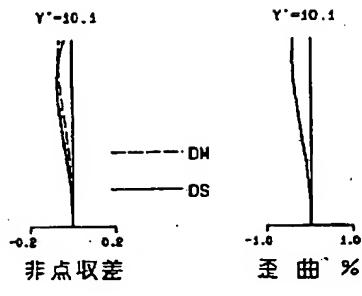


【図14】

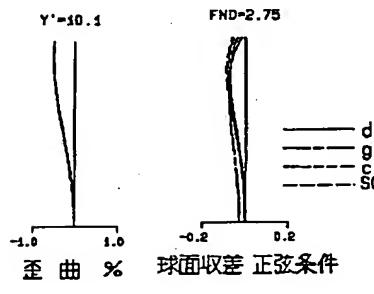
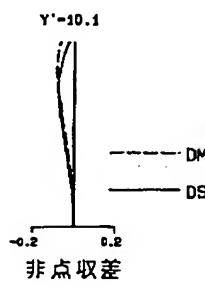
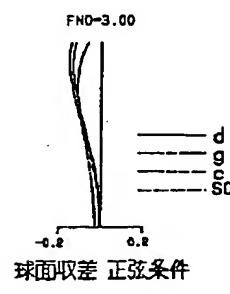
【図15】



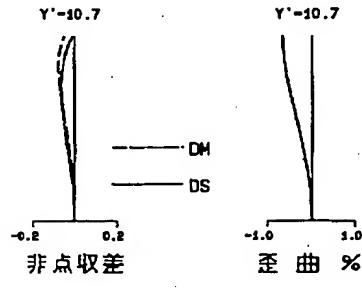
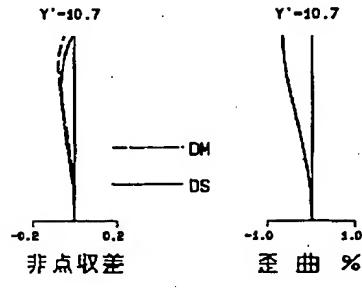
【図16】



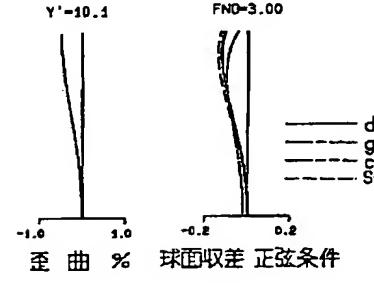
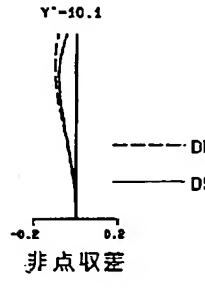
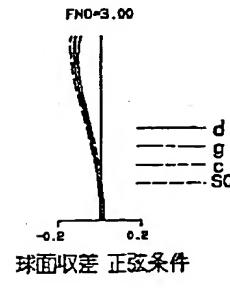
【図17】



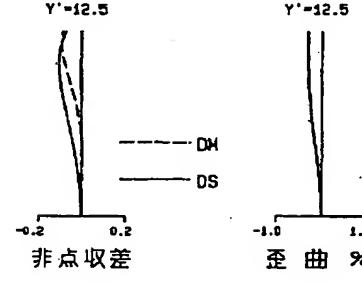
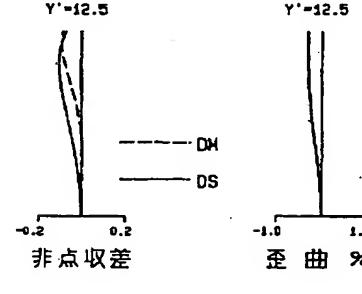
【図18】



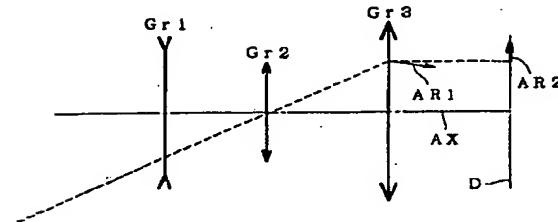
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA06 LA03 NA02 NA14 PA07
PA08 PA09 PA10 PA11 PA17
PA18 PB08 PB09 PB10 PB11
QA02 QA07 QA17 QA22 QA25
QA26 QA34 QA41 QA46 RA05
RA12 RA21 RA32 RA41 RA46
UA06
9A001 KK16 KK17 KZ31 KZ45 KZ62